



وزارة التربية و التعليم  
الإدارة المركزية لتطوير المناهج  
إدارة تنمية مادة العلوم

# الكيمياء



## العناصر الانتقالية

الصف الثالث الثانوى

2024 / 2023

الباب الأول

لجنة الإعداد

أ/سامح وليم صادق يوسف

أ/ إيمان بالله ابراهيم محمد

أ/ مينا عطية عبد الملك

الإشراف الفني  
مستشار العلوم

د/ عزيزة رجب خليفة

المراجع

أ/ عبد الله عبد الواحد عباس

رئيس الإدارة المركزية لتطوير المناهج

د/ أكرم حسن



D.M.RAZK

موقع الدكتور محمد رزق معلم الكيمياء التعليمي

## تمهيد

- **العدد الذري:** هو عدد البروتونات الموجبة داخل نواة ذرة العنصر. ويساوي عدد الإلكترونات السالبة التي تدور حول النواة عندما تكون الذرة متعادلة كهربياً.

- **مبدأ البناء التصاعدي:** تملأ المستويات الفرعية ذات الطاقة الأقل أولاً ثم ذات الطاقة الأعلى. ترتب المستويات الفرعية تصاعدياً حسب الطاقة كما يلي:

1s			
2s →		2p	
3s →		3p	
4s →	3d	→	4p
5s →	4d	→	5p
6s →	4f →	5d	→ 6p
7s →	5f →	6d	→ 7p

**لاحظ أن:** الرقم الموجود على يسار المستوى الفرعي يمثل عدد الكم الرئيسي (n) أى رقم مستوى الطاقة الرئيسي الذى ينتمى إليه هذا المستوى الفرعي.

- **قاعدة هوند:** لا يحدث ازدواج لإلكترونين في أوربيتال مستوى فرعي معين إلا بعد أن تشغل أوربيتالاته فرادى أولاً.

- **الأوربيتالات:** كل مستوى فرعي عبارة عن عدد فردي من الأوربيتالات وكل أوربيتال يتسع لعدد 2 إلكترون فقط. والجدول التالى يوضح عدد الأوربيتالات لكل مستوى فرعي وعدد الإلكترونات التي يمكن أن تشغله والحالات الأكثر استقراراً للذرة:

الحالات الأكثر استقراراً للذرة			عدد الإلكترونات	عدد الأوربيتالات	المستوى الفرعي
تمام الامتلاء	نصف ممتلئ	فارغ			
1↓	↑	□	2	1	s
1↓ 1↓ 1↓	↑ ↑ ↑	□ □ □	6	3	p
1↓ 1↓ 1↓ 1↓ 1↓	↑ ↑ ↑ ↑ ↑	□ □ □ □ □	10	5	d
1↓ 1↓ 1↓ 1↓ 1↓ 1↓ 1↓	↑ ↑ ↑ ↑ ↑ ↑ ↑	□ □ □ □ □ □ □	14	7	f

**التوزيع الإلكتروني:** يمكن إجراء التوزيع الإلكتروني بطرق مختلفة

لاحظ أن: عند كتابة التوزيع الإلكتروني لأقرب غاز حامل يتم اختيار أقرب غاز حامل ثم الذي يليه في الدورة كما يلي: s المستوى الفرعى

2He	10Ne	18Ar	36Kr	54Xe	86Rn	الغاز الخامل
2s	3s	4s	5s	6s	7s	المستوى s الذى يليه

الجدول التالى يوضح طرق التوزيع الإلكتروني المختلفة لذرة عنصر الحديد (26Fe):

2-8-14-2	تبعاً للمستويات الرئيسية						
$1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 4s^2 3d^6$	تبعاً لمبدأ البناء التصاعدي						
$[18Ar] 4s^2 3d^6$	تبعاً لأقرب غاز حامل						
<table border="1"> <tr> <td>1↓</td> <td>1↓</td> <td>1</td> <td>1</td> <td>1</td> <td>1</td> </tr> </table>	1↓	1↓	1	1	1	1	تبعاً لقاعدة هوند
1↓	1↓	1	1	1	1		

**- الجدول الدوري الحديث:**

رتبت فيه العناصر تصاعدياً حسب أعدادها الذرية ووفقاً لمبدأ البناء التصاعدي. وبذلك يمكن تقسيم العناصر إلى أربعة مناطق (فئات) فى الجدول الدورى حسب اسم المستوى الفرعى الذي ينتهى به التوزيع الإلكتروني لذرة العنصر.

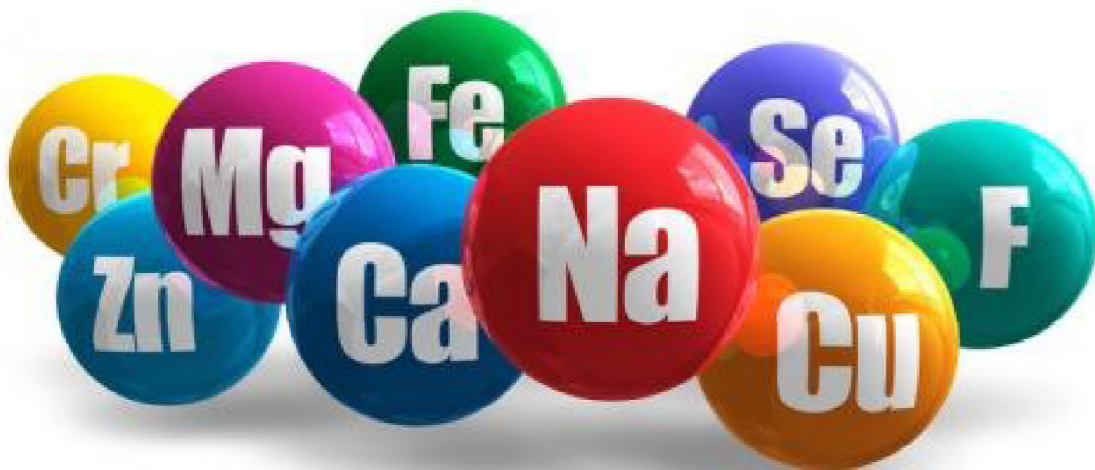
<b>الفئة (s)</b>		<b>الفئة (d)</b>		<b>الفئة (p)</b>		<b>الغازات الخاملة</b>	
1S		3d		2P	2He	هيليوم	
2S		4d		3P	10Ne	نيون	
3S		5d		4P	18Ar	أرجون	
4S		6d		5P	36Kr	كريببتون	
5S				6P	54Xe	زينون	
6S	4f			7P	86Rn	رادون	
7S	5f						

توضع أسفل الجدول في جدول خاص حتى لا يتغير شكل الجدول أو يخالف الأساس الذي بنى عليه

**وبالتالى يمكن وصف الجدول كما يلي:**

تترتب العناصر تصاعدياً حسب العدد الذرى (عدد البروتونات) كل عنصر يزيد عن الذي يسبقه فى نفس الدورة بروتون واحد وإلكترون واحد ويتتابع ملء المستويات الفرعية التي فى نفس الدورة حتى تنتهى بالغاز الخامل لنبدأ بعدها دورة جديدة أي ملء مستوى طاقة جديد. وقد سبق دراسة عناصر الفئتين s, p (العناصر الممثلة) فى الصف الثاني وسوف نكتفى فى دراستنا هذا العام بالعناصر الانتقالية التي تحتل المنطقة الوسطى من الجدول.

# العناصر الانتقالية



**الدرس الأول:** العناصر الانتقالية والأهمية الاقتصادية

**الدرس الثاني:** التركيب الإلكتروني وحالات التأكسد لعناصر السلسلة الانتقالية الأولى

**الدرس الثالث:** - الخواص العامة لعناصر السلسلة الانتقالية الأولى

**الدرس الرابع:** استخلاص الحديد

**الدرس الخامس:** السبائك

**الدرس السادس:** خواص الحديد وتفاعلاته

**الدرس السابع:** أكاسيد الحديد

أسئلة امتحانات الأعوام السابقة

# الجدول الدوري الحديث العناصر الانتقالية الرئيسية

1 IA	2 IIA	3 IIIB	4 IVB	5 VB	6 VIB	7 VIIB	8 VIII	9 VIII	10 VIII	11 IB	12 IIB	13 IIIA	14 IVA	15 VA	16 VIA	17 VIIA	18 Zero
1 H Hydrogen أحد	2 He Helium أحد	3 Li Lithium أحد	4 Be Beryllium أحد	5 B Boron أحد	6 C Carbon أحد	7 N Nitrogen أحد	8 O Oxygen أحد	9 F Fluorine أحد	10 Ne Neon أحد	11 Na Sodium أحد	12 Mg Magnesium أحد	13 Al Aluminum أحد	14 Si Silicon أحد	15 P Phosphorus أحد	16 S Sulfur أحد	17 Cl Chlorine أحد	18 Ar Argon أحد
19 K Potassium أحد	20 Ca Calcium أحد	21 Sc Scandium أحد	22 Ti Titanium أحد	23 V Vanadium أحد	24 Cr Chromium أحد	25 Mn Manganese أحد	26 Fe Iron أحد	27 Co Cobalt أحد	28 Ni Nickel أحد	29 Cu Copper أحد	30 Zn Zinc أحد	31 Ga Gallium أحد	32 Ge Germanium أحد	33 As Arsenic أحد	34 Se Selenium أحد	35 Br Bromine أحد	36 Kr Krypton أحد
37 Rb Rubidium أحد	38 Sr Strontium أحد	39 Y Yttrium أحد	40 Zr Zirconium أحد	41 Nb Niobium أحد	42 Mo Molybdenum أحد	43 Tc Technetium أحد	44 Ru Ruthenium أحد	45 Rh Rhodium أحد	46 Pd Palladium أحد	47 Ag Silver أحد	48 Cd Cadmium أحد	49 In Indium أحد	50 Sn Tin أحد	51 Sb Antimony أحد	52 Te Tellurium أحد	53 I Iodine أحد	54 Xe Xenon أحد
55 Cs Cesium أحد	56 Ba Barium أحد	57 La Lanthanum أحد	57 La Lanthanum أحد	58 Ce Cerium أحد	59 Pr Praseodymium أحد	60 Nd Neodymium أحد	61 Pm Promethium أحد	62 Sm Samarium أحد	63 Eu Europium أحد	64 Gd Gadolinium أحد	65 Tb Terbium أحد	66 Dy Dysprosium أحد	67 Ho Holmium أحد	68 Er Erbium أحد	69 Tm Thulium أحد	70 Yb Ytterbium أحد	71 Lu Lutetium أحد
87 Fr Francium أحد	88 Ra Radium أحد	89 Ac Actinium أحد	89 Ac Actinium أحد	90 Th Thorium أحد	91 Pa Protactinium أحد	92 U Uranium أحد	93 Np Neptunium أحد	94 Pu Plutonium أحد	95 Am Americium أحد	96 Cm Curium أحد	97 Bk Berkelium أحد	98 Cf Californium أحد	99 Es Einsteinium أحد	100 Fm Fermium أحد	101 Md Mendelevium أحد	102 No Nobelium أحد	103 Lr Lawrencium أحد

العناصر الانتقالية الداخلية

اللائتانيات

الأكتيينيدات

58 Ce Cerium لائتانيات	59 Pr Praseodymium لائتانيات	60 Nd Neodymium لائتانيات	61 Pm Promethium لائتانيات	62 Sm Samarium لائتانيات	63 Eu Europium لائتانيات	64 Gd Gadolinium لائتانيات	65 Tb Terbium لائتانيات	66 Dy Dysprosium لائتانيات	67 Ho Holmium لائتانيات	68 Er Erbium لائتانيات	69 Tm Thulium لائتانيات	70 Yb Ytterbium لائتانيات	71 Lu Lutetium لائتانيات	
89 Ac Actinium أكتيينيدات	90 Th Thorium أكتيينيدات	91 Pa Protactinium أكتيينيدات	92 U Uranium أكتيينيدات	93 Np Neptunium أكتيينيدات	94 Pu Plutonium أكتيينيدات	95 Am Americium أكتيينيدات	96 Cm Curium أكتيينيدات	97 Bk Berkelium أكتيينيدات	98 Cf Californium أكتيينيدات	99 Es Einsteinium أكتيينيدات	100 Fm Fermium أكتيينيدات	101 Md Mendelevium أكتيينيدات	102 No Nobelium أكتيينيدات	103 Lr Lawrencium أكتيينيدات

## العناصر الانتقالية الرئيسية:

## 1- التركيب الإلكتروني لمجموعات

تقسم العناصر في الجدول الدوري إلى أربعة أنواع هي:  
(خاملة – ممثلة – انتقالية رئيسية – انتقالية داخلية)

**العناصر الانتقالية:** هي عناصر الفئتين  $d$  ,  $f$  وتقع في منتصف الجدول الدوري وتحتوي على أكثر من 60 عنصر. أي أنها تمثل أكثر من نصف عناصر الجدول. وتنقسم إلى:

- عناصر انتقالية رئيسية: وهي عناصر الفئة  $d$
- عناصر انتقالية داخلية: وهي عناصر الفئة  $f$

العناصر الانتقالية الرئيسية (عناصر الفئة  $d$ )

تقع بين المجموعتين  $2A$ ,  $3A$  تبدأ بالمجموعة  $3B$  وتنتهي بالمجموعة  $2B$  التي لا تعتبر عناصر انتقالية.

• تشغل العناصر الانتقالية الرئيسية عشرة أعمدة رأسية (فسر)؟؟

لأنه يتتابع فيها امتلاء المستوى الفرعي  $d$  الذي يتشبع بعشرة إلكترونات

أرقام المجموعات	IIIB	IVB	VB	VIB	VIIB	VIII		1B	IIB	
	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)	(10)	(11)	(12)

ويمكن أيضاً تقسيم العناصر الانتقالية الرئيسية إلى أربعة سلاسل أفقية هي:

وجه المقارنة	السلسلة الانتقالية الأولى	السلسلة الانتقالية الثانية	السلسلة الانتقالية الثالثة	السلسلة الانتقالية الرابعة
التعريف	يتتابع فيها امتلاء المستوى الفرعي $3d$	يتتابع فيها امتلاء المستوى الفرعي $4d$	يتتابع فيها امتلاء المستوى الفرعي $5d$	يتتابع فيها امتلاء المستوى الفرعي $6d$
التركيب الإلكتروني	$4s^2, 3d^{1-10}$	$5s^2, 4d^{1-10}$	$6s^2, 5d^{1-10}$	$7s^2, 6d^{1-10}$
الدورة	الرابعة	الخامسة	السادسة	السابعة
العنصر الأول	السكندريوم ( $^{21}Sc$ ) $4s^2, 3d^1$	اليتريوم ( $^{39}Y$ ) $5s^2, 4d^1$	اللانثانوم ( $^{57}La$ ) $6s^2, 5d^1$	اللاكتينيوم ( $^{89}Ac$ ) $7s^2, 6d^1$
العنصر الأخير	الزئبق ( $^{80}Hg$ ) $4s^2, 3d^{10}$	الكاديوم ( $^{48}Cd$ ) $5s^2, 4d^{10}$	الزئبق ( $^{80}Hg$ ) $6s^2, 5d^{10}$	

تختلف المجموعة الثامنة عن باقى مجموعات الجدول (فسر)؟

- 1 - التشابه بين عناصرها الأفقية أكثر من التشابه بين عناصرها الرأسية
- 2 - تتكون المجموعة الثامنة من ثلاثة أعمدة هي 8, 9, 10
- 3 - غير مميزة بالحرف B

## تدريب

- 1- اكتب التركيب الإلكتروني للعمود قبل الأخير فى عناصر الفئة d
- 2- بالرغم من وجود عشر أعمدة فى عناصر الفئة d إلا أن بها ثمانى مجموعات فقط (فسر)
- 3- حدد نوع العناصر التى لها التوزيع الإلكتروني التالى:



### لاحظ أن:

- 1- التركيب الإلكتروني العام للعناصر الانتقالية الرئيسية  $ns^{1-2}, (n-1) d^{1-10}$
- 2- رقم الدورة يُحدد من عدد الكم الرئيسى = آخر  $n = S$
- 3- عدد الكم الذى يسبق المستوى الفرعى  $d = n-1$
- 4- رتبة السلسلة تُحدد من العلاقة  $n-3$

### تدريب ذاتى: اختر الإجابة الصحيحة

- 1- أكثر نصف عناصر الجدول الدوري تقع.....
  - أ- منتصف الجدول الدوري
  - ب- أسفل الجدول الدوري
  - ج- يمين الجدول الدوري
  - د- منتصف وأسفل الجدول الدوري
- 2- العناصر الانتقالية الرئيسية تقع بين.....
  - أ- المجموعة 2A, 3A
  - ب- المجموعة 2B, 3B
  - ج- المجموعة 2A, 3B
  - د - المجموعة 2B, 3A

## 2- الأهمية الاقتصادية لعناصر السلسلة الانتقالية الأولى:

الجدول التالي يوضح عناصر السلسلة الانتقالية الأولى والنسب الوزنية لوجودها في القشرة الأرضية:

العنصر	سكانديوم	تيتانيوم	فانديوم	كروم	منجنيز	حديد	كوبلت	نيكل	نحاس	خارصين
الرمز	Sc	Ti	V	Cr	Mn	Fe	Co	Ni	Cu	Zn
الوزن %	0.0026	0.66	0.02	0.014	0.11	5.1	0.003	0.0089	0.0068	0.0078

عناصر السلسلة الانتقالية الأولى مجتمعة تمثل **7%** من وزن القشرة الأرضية ولكنها تتميز بأهميتها الاقتصادية الكبيرة جدا وفيما يلي خصائص واستخدامات عناصر السلسلة الانتقالية الأولى:

1 - السكندنيوم  $^{21}\text{Sc}$ 

**خواصه:** يوجد بكميات صغيرة جدا وموزعة على نطاق واسع في القشرة الأرضية  
**استخداماته**

1 - يضاف إلى مصابيح أبخرة الزئبق التي تستخدم في **التصوير**

**التليفزيوني ليلا (علل)؟** لإنتاج ضوء عالي الكفاءة يشبه ضوء الشمس

2 - يضاف للألومنيوم بنسب ضئيلة لتكوين سبائك تستخدم في صناعة

طائرات الميج المقاتلة **(علل)؟** لأنها تتميز بخفتها وشدة صلابتها.

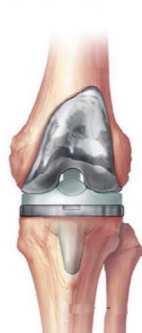
2 - التيتانيوم  $^{22}\text{Ti}$ 

**خواصه:** عنصر شديد الصلابه كالصلب ولكنه أقل منه كثافه  
**استخداماته:**

1- يكون مع الألومنيوم سبائك تستخدم في صناعة الطائرات

والمركبات الفضائية **(علل).**

لأنه يحافظ على متانته في درجات الحرارة المرتفعة في الوقت الذي تنخفض فيه متانة الألومنيوم.





2- يستخدم في عملية زراعة الأسنان والمفاصل الصناعية (استخدام طبي) (علل)  
لأن الجسم لا يلفظه ولا يسبب أى نوع من التسمم.  
مركباته:



ثاني أكسيد التيتانيوم  $TiO_2$

يدخل في تركيب مستحضرات التجميل التي تحمي من أشعة الشمس (علل)  
لأن دقائقه النانوية تمنع وصول الأشعة فوق البنفسجية إلى الجلد.

3- الفناديوم  $V_{23}$

خواصه واستخداماته:



تضاف نسبة ضئيلة منه إلى الصلب لتكوين سبيكة تستخدم في صناعة  
زنبركات السيارات (علل)

لأنها تمتاز بقساوة عالية وقدرة كبيرة على مقاومة التآكل.

مركباته:

خامس أكسيد الفناديوم  $V_2O_5$

استخداماته:

1- صبغة في صناعة السيراميك والزجاج

2- عامل حفاز في صناعة المغناطيسات فائقة التوصيل

3- عامل حفاز في تحضير حمض الكبريتيك في الصناعة بطريقة التلامس.

4- عامل حفاز تحضير حمض البنزويك من أكسدة الطولوين في الهواء الجوي

تدرب

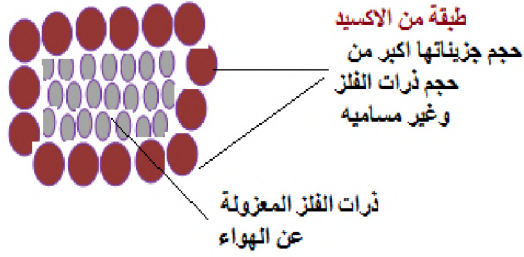
1- النسبة بين صلابة  $\frac{\text{تيتانيوم}}{\text{صلب}}$  ..... (أكبر من / أصغر من / تساوى) الواحد

2- ما الدليل على أن مصابيح الزنبيق تعطي ضوء عالي الكفاءة

3- ما الدليل على أن التيتانيوم لا يسبب أى نوع من التسمم؟

4- أيا مما يأتي قد يكون صحيحًا عند ترتيب العناصر حسب وفرتها؟

(أ) حديد < سكانيوم < منجنيز (ب) حديد < كوبلت < سكانيوم

4- الكروم  $^{24}\text{Cr}$ 

## خواصه

عنصر على درجة عالية من النشاط الكيميائي لكنه

**يقاوم فعل العوامل الجوية** **علل؟**

لأنه يكون طبقة غير مسامية من الأكسيد (طبقة من الصدأ

المرغوب فيه) على سطحه يكون حجم جزيئاته أكبر من حجم ذرات العنصر نفسه مما يمنع

استمرار تفاعل الكروم مع أكسجين الجو (الخمول)

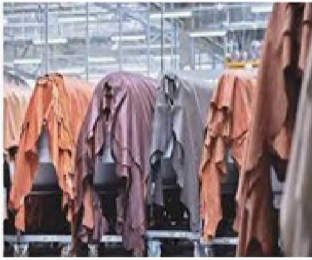
## استخداماته:

1- طلاء المعادن 2- دباغة الجلود

## مركباته:

1- أكسيد الكروم  $\text{Cr}_2\text{O}_3$  يستخدم في صناعة الأصباغ

2- ثنائي كرومات البوتاسيوم  $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$  مادة مؤكسدة

5 - المنجنيز  $^{25}\text{Mn}$ 

## خواصه:

لا يستخدم في حالته النقية وإنما يستخدم في صورة سبائك أو مركبات (علل)

لأنه عنصر شديد الهشاشة (سريع التقصف)

## استخداماته:

1- سبائك الحديد مع المنجنيز تستخدم في صناعة خطوط السكك الحديدية **علل**  
لأنها أصلب من الصلب.

2- سبائك الألومنيوم والمنجنيز تستخدم في صناعة عبوات المشروبات الغازية (Cans) **علل**  
لمقاومتها للتآكل.

## مركباته

ثاني أكسيد المنجنيز  $\text{MnO}_2$

1- يستخدم كعامل مؤكسد قوى في صناعة العمود الجاف



2- يستخدم **كعامل حفاز** في تفاعل انحلال فوق أكسيد الهيدروجين (ماء الأكسجين) لإنتاج الأكسجين

برمنجنات البوتاسيوم  $KMnO_4$ : مادة مؤكسدة ومطهرة  
كبريتات المنجنيز  $MnSO_4$ : مبيد للفطريات

### 6 - الحديد $^{26}Fe$

**خواصه:** لا يستخدم في صورته النقية وإنما يستخدم في صورة سبائك أو مركبات **علل**

لأن الحديد النقي لين نسبياً

**استخداماته:**

1. يستخدم في الخرسانات المسلحة (مجال التشييد والهندسة)
2. أبراج الكهرباء والسكاكين (استخدام منزلي)
3. مواشير البنادق والمدافع (المجال الحربي)
4. الأدوات الجراحية (المجال الطبي)
5. يستخدم **كعامل حفاز** في صناعة النشادر بطريقة هابر بوش
6. يستخدم **كعامل حفاز** في تحويل الغاز المائي ( $CO+H_2$ ) إلى وقود بطريقة (فيشر- ترويش)

**الغاز المائي:** خليط من غازي أول أكسيد الكربون والهيدروجين.

**إستخدامات الغاز المائي:**

لإنتاج وقود سائل.

لعمل مختزل في فرن مدرّكس (في اختزال خام الحديد لإنتاج الحديد)

### تدريب

أكمل ما يلي:

- 1- مركب للمنجنيز يستخدم كعامل مؤكسد .....
- 2- أكسيد للمنجنيز يستخدم كعامل مؤكسد .....
- 3- مادة (مركب للمنجنيز) يستخدم كعامل مؤكسد .....
- 4- ثلاث مواد (عوامل) مؤكسده ..... و ..... و .....
- 5- ثلاث عوامل حفازة ..... و ..... و .....

## 7 – الكوبلت Co 27



**خواصه:** يشبه الحديد في أن كلاهما قابل للتمغنط

**استخداماته:**

- 1- يستخدم مع الحديد في صناعة المغناطيسات علل؟ لأنه قابل للتمغنط
- 2- يستخدم في صناعة البطاريات الجافة في السيارات الحديثة

**مركباته:**

له اثنا عشر نظيراً مشعاً أهمها الكوبلت 60 حيث تمتاز أشعة جاما الصادرة عنه بقدرة عالية على النفاذ لذا يستخدم في:

- 1- حفظ المواد الغذائية
- 2- التأكد من جودة المنتجات بالكشف عن مواقع الشقوق ولحام الوصلات
- 3- الكشف عن الاورام الخبيثة وعلاجها

## 8 – النيكل Ni 28

**استخداماته:**

- 1 - يستخدم في صناعة بطارية نيكل - كادميوم القابلة لإعادة الشحن
- 2 - سبائك النيكل مع الصلب تتميز بالصلابة ومقاومتها للصدأ ومقاومة الأحماض
- 3 - سبائك النيكل - كروم تستخدم في ملفات التسخين والأفران الكهربائية **علل؟** لأنها تقاوم التآكل وهي مسخنة لدرجة الاحمرار.
- 4 - يستخدم في طلاء المعادن **علل؟** لحمايتها من الأكسدة والتآكل ويعطيها شكلاً أفضل
- 5 - يستخدم النيكل المجزأ **عامل حفاز** في هدرجة الزيوت النباتية



## 9 – النحاس Cu 29

**خواصه:**

يعتبر أول فلز عرفه الإنسان  
تعرف سبيكة النحاس مع القصدير بالبرونز  
وتعرف سبيكة النحاس مع الخارصين بالنحاس الأصفر



## استخداماته:

1- يستخدم النحاس في صناعة الكابلات الكهربائية **علل**  
لأنه موصل جيد للكهرباء.

2- يستخدم في صناعة سبائك العملات المعدنية **علل؟**  
لأنه محدود النشاط.

## مركباته:

- كبريتات النحاس  $CuSO_4$  تستخدم في:

- عملية تنقية الشرب لأنها مبيد للفطريات
  - يستخدم كمبيد حشري
  - محلول فهلنج (أحد مركبات النحاس).
- يستخدم في الكشف عن سكر الجلوكوز **علل؟****  
حيث يتغير لونه من الأزرق الى البرتقالي

س: كيف يمكنك الكشف عن سكر الجلوكوز؟

الاستنتاج	المشاهدة	التجربة
المركب هو سكر الجلوكوز	يتحول لون محلول فهلنج من اللون الأزرق الى اللون البرتقالي	إضافة قطرات من محلول فهلنج الى المركب المجهول

## 10 - الخارصين Zn 30

## استخداماته:

يستخدم في جلفنة الفلزات **علل؟** لحمايتها من الصدأ

## مركباته

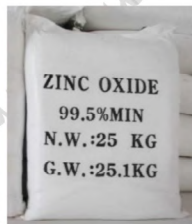
1- أكسيد الخارصين  $ZnO$ : في صناعة الدهانات -

المطاط - مستحضرات التجميل

2- كبريتيد الخارصين  $ZnS$ : يستخدم في صناعة

الطلاءات المضيئة - شاشات الأشعة السينية

ما معنى جلفنة الفلز؟ غمس الفلز في الخارصين المنصهر



## تدريب

المادة المستخدمة	الشكل	المادة المستخدمة	الشكل
			
			
			
			
			

## 2- التوزيع الإلكتروني وحالات التأكسد لعناصر السلسلة الانتقالية الأولى

العنصر	المجموعة	التركيب الإلكتروني	حالات التأكسد والشائعة منها	أقصى حالة تأكسد
$_{21}\text{Sc}$	IIIB	$[\text{Ar}] 4s^2, 3d^1$	③	3+
$_{22}\text{Ti}$	IVB	$[\text{Ar}] 4s^2, 3d^2$	2, 3, ④	4+
$_{23}\text{V}$	VB	$[\text{Ar}] 4s^2, 3d^3$	2, 3, 4, ⑤	5+
$_{24}\text{Cr}$	VIB	$[\text{Ar}] 4s^1, 3d^5$	2, ③, 6	6+
$_{25}\text{Mn}$	VIIB	$[\text{Ar}] 4s^2, 3d^5$	2, 3, ④, 6, 7	7+
$_{26}\text{Fe}$	VIII	$[\text{Ar}] 4s^2, 3d^6$	2, ③, 6	6+
$_{27}\text{Co}$	VIII	$[\text{Ar}] 4s, 3d^7$	②, 3, 4	4+
$_{28}\text{Ni}$	VIII	$[\text{Ar}] 4s^2, 3d^8$	②, 3, 4	4+
$_{29}\text{Cu}$	IB	$[\text{Ar}] 4s^1, 3d^{10}$	1, ②	2+
$_{30}\text{Zn}$	IIB	$[\text{Ar}] 4s^2, 3d^{10}$	②	2+

## ملاحظات على الجدول:

❖ حالات التأكسد المظللة بالدائرة الحمراء هي الأكثر شيوعاً لهذه العناصر.

❖ عنصر النحاس الوحيد الذي يعطي حالة تأكسد +1

❖ أكبر حالة تأكسد توجد في عنصر المنجنيز = +7

❖ أكبر حالة تأكسد شائعة +5 لعنصر الفناديوم

تقع عناصر السلسلة الانتقالية الأولى بعد الكالسيوم ( $_{20}\text{Ca}$ ) في الدورة الرابعة وتركيبه الإلكتروني  $[\text{Ar}] 4s^2$  حيث يتتابع فيها امتلاء أوربيتالات المستوى الفرعي ( $3d$ ) الخمسة بالإلكترونات المفردة حتى نصل إلى المنجنيز ( $3d^5$ ) ثم يحدث ازدواج في الإلكترونات حتى نصل إلى الخارصين (الزنك) ( $3d^{10}$ ) (تذكر قاعدة هوند) ☺☺☺☺☺

📌 علل: يشذ التركيب المتوقع لكل من

(أ) الكروم ( $_{24}\text{Cr}$ ) يكون:  $[\text{Ar}]3d^54s^1$

(ب) النحاس ( $_{29}\text{Cu}$ ) يكون:  $[\text{Ar}]3d^{10}4s^1$

التوزيع الفعلي

التوزيع المفترض

$[\text{Ar}]3d^5,4s^1$

$[\text{Ar}]3d^4,4s^2$

(أ) الكروم ( $_{24}\text{Cr}$ ) يكون :

$[\text{Ar}]3d^{10},4s^1$

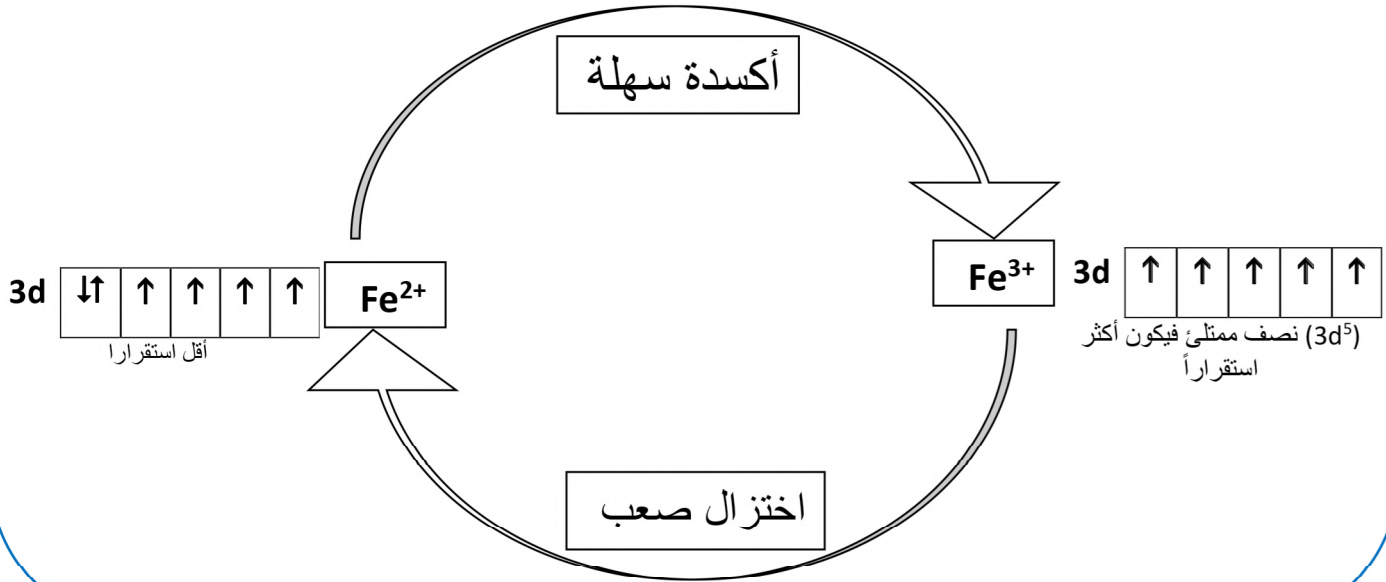
$[\text{Ar}]3d^9,4s^2$

(ب) النحاس ( $_{29}\text{Cu}$ ) يكون :

بسبب تقارب المستويين ( $4s$ ) و ( $3d$ ) في الطاقة فينتقل إلكترون واحد من ( $4s$ ) إلى ( $3d$ ) حتى يكون ( $3d$ ) نصف ممتلئ كما في الكروم أو تام الامتلاء كما في النحاس ويكون ( $s$ ) نصف ممتلئ وبذلك تكون الذرة أكثر استقراراً

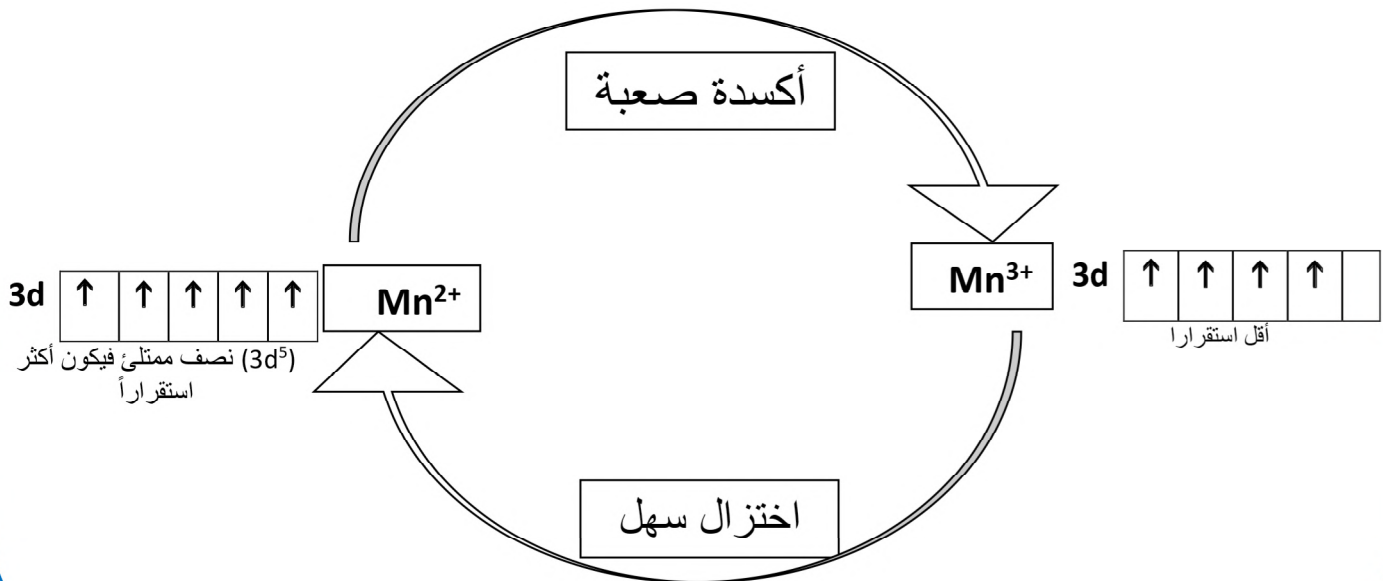
علل: يسهل أكسدة  $Fe^{2+}$  إلى  $Fe^{3+}$ ؟

لأنه يتحول من الأقل استقرار إلى الأكثر استقرار حيث يكون المستوى الفرعي d نصف مكتمل في حالة  $Fe^{3+}$  وهذا يجعل الذرة أكثر استقراراً.



علل: يصعب أكسدة  $Mn^{2+}$  إلى  $Mn^{3+}$ ؟

لأنه يتحول من الأكثر استقرار حيث يكون المستوى الفرعي d نصف مكتمل إلى الأقل استقراراً.





- ❖ عند ترك محلول الحديد II في الهواء لفترة طويلة يتحول من اللون الأخضر إلى اللون الأصفر بسبب تأكسده وتحوله إلى أكسيد حديد III
- ❖ عند تعرض محلول المنجنيز III لغاز الهيدروجين يتحول إلى محلول المنجنيز II بسبب اختزاله

**عل:** تتميز عناصر السلسلة الانتقالية الأولى بتعدد حالات تأكسدها؟ (أو يذكر أي عنصر من السلسلة)؟ لأن الإلكترونات المفقودة عند تأكسد العنصر تخرج من المستوى الفرعي (4s) أولاً ثم المستوى الفرعي القريب منه في الطاقة (3d) بالتتابع.

**عل:** تعطي غالبية عناصر السلسلة الانتقالية الأولى حالة التأكسد +2؟ بسبب خروج إلكترونين من المستوى الفرعي 4s

- ❖ لاحظ: في الفلزات الممثلة مثل الصوديوم والماغنسيوم والألومنيوم نجد أن الزيادة في جهد التأين الثاني في حالة الصوديوم والثالث في حالة الماغنسيوم والرابع في حالة الألومنيوم كبيرة جداً لأنه يتسبب في كسر مستوى طاقة مكتمل.

**عل:** لا يمكن الحصول على  $Na^{+2}$ ,  $Mg^{+3}$ ,  $Al^{+4}$  بالتفاعل الكيميائي العادي؟ لأن الزيادة في جهد التأين الثاني في حالة الصوديوم والثالث في حالة الماغنسيوم والرابع في حالة الألومنيوم كبيرة جداً لأنه يتسبب في كسر مستوى طاقة مكتمل.

- ❖ تعطي جميع عناصر السلسلة الانتقالية الأولى حالة التأكسد (+2) وذلك بفقد إلكترونين المستوى الفرعي (4s) أولاً وفي حالات التأكسد الأعلى تفقد الإلكترونات من المستوى الفرعي (3d).
- ❖ تعطي أقصى حالات التأكسد عندما تفقد الذرة جميع إلكترونات المستويين s , d. مثل:  $Mn^{7+}$ ,  $V^{5+}$ ,  $Ti^{4+}$
- ❖ تزداد حالات التأكسد حتى تصل أقصاها (+7) في حالة المنجنيز ثم تقل حتى تصل إلى (+2) في الخارصين
- ❖ عدد التأكسد لأي عنصر لا يتعدى رقم مجموعته ويشذ عن ذلك المجموعة (IB) وتشمل عناصر العملة وهي النحاس والفضة والذهب حيث تعطي حالة تأكسد (+2 أو +3).

**عل:** تراجع عدد حالات التأكسد بعد عنصر المنجنيز؟؟ بسبب صغر نصف قطر الذرة وبالتالي ارتفاع جهد تأينها وصعوبة فقد الإلكترونات

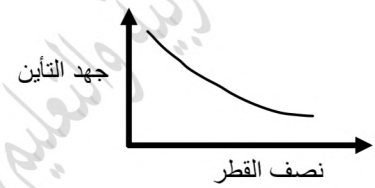
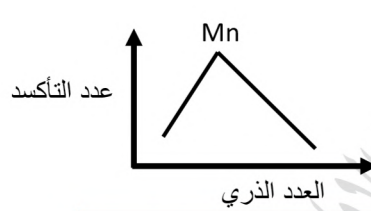
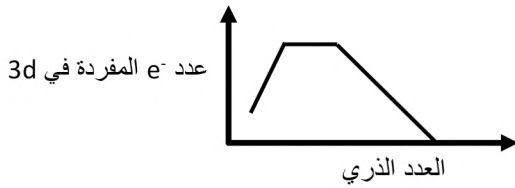
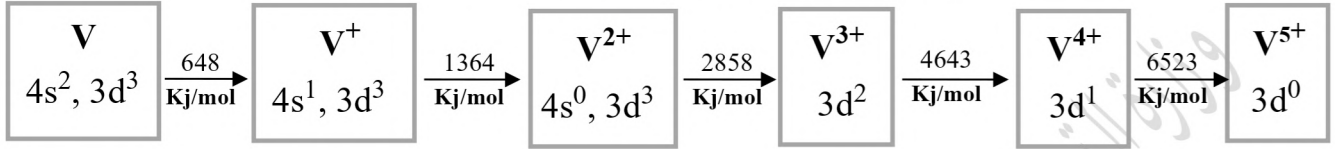
**عل:** يصعب الحصول على أيون سكانديوم  $Sc^{4+}$ ؟؟ لأن ذلك يتسبب في كسر مستوى طاقة مكتمل

**عل:** السكانديوم الوحيد الذي يعطي حالة تأكسد +3 مباشرة؟؟ لأن في هذه الحالة يكون (3d<sup>0</sup>) فارغاً تماماً من الإلكترونات وتكون الذرة أكثر ثباتاً.

الفلزات الممثلة غالباً ما يكون لها حالة تأكسد واحدة على عكس العناصر الانتقالية

**علل: طاقة التأين للعنصر الانتقالي تزداد بتدرج واضح؟؟**  
بسبب خروج الإلكترونات من المستوى الفرعي 4s ثم 3d القريب منه في الطاقة بالتتابع مما يؤدي إلى زيادة الشحنة الفعالة للنواة وبالتالي زيادة قوة جذب النواة للإلكترونات فتزداد طاقة التأين

جهود تأين الفناديوم في حالات التأكسد المتتالية له



❖ يزداد جهد التأين الأول تدريجياً من اليسار لليمين

هو العنصر الذي تكون فيه أوربيبتالات (d<sup>1-9</sup>) أو (f<sup>1-13</sup>) مشغولة ولكنها غير تامة الامتلاء سواء في الحالة الذرية أو في أي حالة من حالات تأكسده

العنصر  
الانتقالي

**علل: تعتبر عناصر العملة (النحاس والفضة والذهب) عناصر انتقالية (IB)؟؟**

الذهب [79Au]	الفضة [47Ag]	النحاس [29Cu]
[54X] 4f <sup>14</sup> , 5d <sup>10</sup> , 6s <sup>1</sup>	[36Kr] 4d <sup>10</sup> , 5s <sup>1</sup>	[18Ar] 3d <sup>10</sup> , 4s <sup>1</sup>

تعتبر عناصر انتقالية لأن المستوى الفرعي (d) للعناصر الثلاثة ممتلئ بالإلكترونات في الحالة الذرية ولكن عندما تكون في حالة التأكسد (+2) أو (+3) يكون المستوى الفرعي (d) غير ممتلئ (d<sup>8</sup>), (d<sup>9</sup>) لذا فهي عناصر انتقالية.

**علل: لا تعتبر عناصر الخارصين والكاديوم والزنابق عناصر انتقالية؟؟**

**علل: لا تعتبر عناصر المجموعة (IIB) عناصر انتقالية؟؟**

لا تعتبر عناصر انتقالية لأن المستوى الفرعي (d<sup>10</sup>) تام الامتلاء سواء في الحالة الذرية أو حتى في حالة التأكسد الوحيدة +2.

عنصر انتقالي له حالة تأكسد واحدة (السكانديوم).

عنصر غير انتقالي له حالة تأكسد واحدة (الخارصين).

عنصر يعطي حالة تأكسد أكبر من مجموعته (النحاس).

عنصر لا تعطي حالة تأكسد تدل على خروج جميع الإلكترونات (المجموعة الثامنة).

أكبر حالة تأكسد توجد في عنصر المنجنيز 7+

## 3- الخواص العامة لعناصر السلسلة الانتقالية الأولى

الجدول التالي يوضح بعض خواص عناصر السلسلة الانتقالية الأولى (للاطلاع فقط)

العنصر	الكتلة الذرية	نصف القطر بوحدة $A^\circ$	الكثافة $g/cm^3$	درجة الانصهار	درجة الغليان
$^{21}Sc$	45	1.44	3.1	1397	3900
$^{22}Ti$	47.9	1.32	4.42	1680	3130
$^{23}V$	51	1.22	6.07	1710	3530
$^{24}Cr$	52	1.17	7.19	1890	2480
$^{25}Mn$	54.9	1.17	7.21	1247	2087
$^{26}Fe$	55.9	1.16	7.87	1528	2800
$^{27}Co$	58.9	1.16	8.70	1490	3520
$^{28}Ni$	57.7	1.15	8.90	1492	2800
$^{29}Cu$	63.5	1.17	8.92	1083	2582

- ❖ أصغر العناصر كتلة السكنديوم وأكبرها النحاس
- ❖ أصغر العناصر حجماً النيكل وأكبرها حجماً السكنديوم
- ❖ أصغر العناصر كثافة السكنديوم  $= 3.1 g/cm^3$  وأكبرها كثافة النحاس
- ❖ أقل العناصر في درجة الانصهار النحاس وأكبرها الكروم
- ❖ أقل العناصر درجة غليان المنجنيز وأكبرها السكنديوم

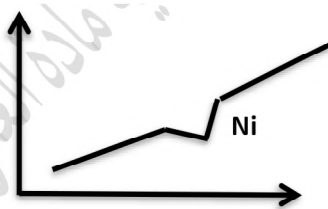
تزداد تدريجياً بزيادة العدد الذري.

أولاً: الكتلة الذرية

علل: يشذ النيكل في التدرج في الكتلة الذرية عن باقي عناصر السلسلة الانتقالية؟

يرجع ذلك لوجود خمسة نظائر مستقرة للنيكل المتوسط الحسابي لها  $58.7 u$  أقل من الكوبلت

كتلة ذرية



العدد الذري

✓ الكتلة الذرية لأثقل نظائر النيكل أكبر من  $58.7 u$ 

ثانياً: نصف القطر

يلاحظ أن أنصاف الأقطار الذرية لعناصر السلسلة الانتقالية الرئيسية الأولى تتميز بما يلي:

- لا تتغير كثيراً عند الانتقال عبر السلسلة.
- الثبات النسبي لنصف القطر من الكروم إلى النحاس.

علل: الثبات النسبي لنصف القطر من الكروم الى النحاس في عناصر السلسلة الانتقالية الاولى؟؟

علل: النقص في الحجم الذري لعناصر السلسلة الانتقالية الأولى لا يكون كبيراً؟

يرجع ذلك الى عاملين متعاكسين هما:

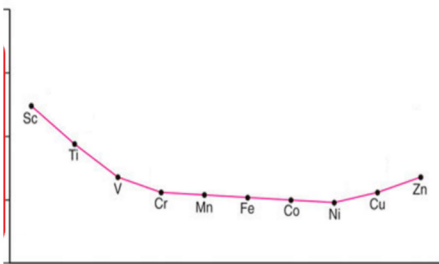
✓ العامل الأول: بزيادة العدد الذري تزداد الشحنة الفعالة للنواة فيزداد قوة جذب النواة للإلكترونات مما يعمل على نقص نصف القطر.

✓ العامل الثاني: بزيادة العدد الذري يزداد عدد إلكترونات المستوى الفرعي (3d) فتزداد قوى التنافر بينها مما يعمل على زيادة نصف القطر.

علل: استخدام عناصر السلسلة الانتقالية الأولى في صناعة السبائك الاستبدالية؟؟

بسبب الثبات النسبي في أنصاف أقطارها

نصف القطر الذري



✓ عند زيادة العدد الذري يقل نصف القطر ويصعب تأكسد العنصر بسبب زيادة الشحنة الفعالة للنواة

تدرج نصف قطر عناصر السلسلة الانتقالية الأولى

ثالثاً: الخاصية الفلزية

علل: عناصر السلسلة الانتقالية الأولى تعتبر فلزات نموذجية؟؟

لأنها تتميز بما يلي:

جميعها فلزات صلبة تمتاز باللمعان والبريق وجودة التوصيل الحراري والكهربائي.

لها درجات انصهار وغليان مرتفعة.

معظمها فلزات ذات كثافة عالية.

متباينة في النشاط الكيميائي فالنحاس فلز محدود النشاط -- وبعضها متوسط النشاط مثل الحديد الذي يبدأ عند تعرضه للهواء الجوي -- وبعضها شديد النشاط مثل السكندنيوم الذي يحل محل هيدروجين الماء بشدة.

علل: عنصر السكندنيوم يحل محل هيدروجين الماء بسهولة؟؟



لأنه عنصر شديد النشاط الكيميائي

✓ النحاس رغم ضعف نشاطه إلا أنه يتفاعل مع بعض الأحماض التي تقوم بدور العوامل المؤكسدة القوية مثل حمض النيتريك الذي يؤكسد النحاس إلى أكسيد نحاس يتفاعل مع الحمض.

✓ لها درجة انصهار وغليان مرتفعة ويعزى ذلك إلى الترابط القوي بين الذرات والذي يتضمن

اشترك إلكترونات 4s، 3d في هذا الترابط.

علل: ارتفاع درجات غليان وانصهار عناصر السلسلة الانتقالية الأولى؟؟

ارتفاع درجة انصهار التيتانيوم أو الفانديوم؟؟ درجة انصهار الحديد  $1538^{\circ}\text{C}$ ؟؟  
بسبب الترابط القوي بين الذرات بسبب قوة الرابطة الفلزية في هذه العناصر نتيجة اشتراك إلكترونات (3d , 4s) في هذا الترابط

علل: معظم عناصر السلسلة الانتقالية الأولى ذات كثافة عالية؟؟

لأن الحجم الذري لهذه العناصر ثابت تقريبا وعلى ذلك فالعامل الذي يؤثر في الزيادة التدريجية للكثافة هو زيادة الكتلة الذرية.

علل: تزداد كثافة عناصر السلسلة الانتقالية الأولى بزيادة العدد الذري؟؟

بسبب الزيادة في الكتلة الذرية مع الثبات النسبي في أحجامها الذرية

أقل عنصر	أعلى عنصر	الخاصية
النيكل	السكانديوم	الحجم الذري
السكانديوم	النحاس	الكثافة
المنجنيز	السكانديوم	درجة الغليان
النحاس	الكروم	درجة الانصهار

#### رابعا: الخواص المغناطيسية

- ❖ الخواص المغناطيسية لها فضل كبير في فهم كيمياء العناصر الانتقالية.
- ❖ هناك العديد من أنواع الخواص المغناطيسية نستعرض منها.

#### 1- الخاصية البارامغناطيسية: Paramagnetism

هي خاصية انجذاب المادة نحو المجال المغناطيسي الخارجي نتيجة وجود إلكترونات مفردة في أوربيبتالاتها

علل: تظهر الخاصية البارامغناطيسية في الأيونات أو الذرات أو الجزيئات التي يكون فيها أوربيبتالات تشغلها إلكترونات مفردة؟؟

لأن غزل (دوران) الإلكترون المفرد حول محوره ينشأ عنه مجال مغناطيسي يجذب مع المجال المغناطيسي الخارجي.

تتناسب قوى الجذب المغناطيسي في المواد البارامغناطيسية طرديا مع عدد الإلكترونات المفردة.

معظم مركبات العناصر الانتقالية مواد بارامغناطيسية.

علل: يمكن تحديد التركيب الإلكتروني للفلز أو أيونه من عزمه المغناطيسي؟؟

لأنه من معرفة العزم المغناطيسية يمكن تحديد عدد الإلكترونات المفردة في مستوى الطاقة الخارجي والتركيب الإلكتروني للفلز أو أيونه.

**العزم المغناطيسي:** هو خاصية يمكن عن طريق قياسها أو تقديرها للمادة تحديد عدد الإلكترونات المفردة ومن ثم تحديد التركيب الإلكتروني لأيون الفلز.

## 2- الخاصية الديامغناطيسية: Diamagnetism

هي خاصية تنافر المادة مع المجال المغناطيسي نتيجة لوجود جميع إلكتروناتها في حالة ازدواج.

أي المواد الآتية ديامغناطيسية وأيها بارامغناطيسية؟ ذرة الخارصين $Zn (d^{10})$ ، أيون النحاس II $(d^9)$ ، كلوريد الحديد II $(d^6)$			
الذرة أو الأيون	التوزيع الإلكتروني لأوربيتالات d	عدد الإلكترونات المفردة	الخاصية المغناطيسية
Zn	$\uparrow\downarrow \uparrow\downarrow \uparrow\downarrow \uparrow\downarrow \uparrow\downarrow$	صفر	ديامغناطيسية
$Cu^{2+}$	$\uparrow\downarrow \uparrow\downarrow \uparrow\downarrow \uparrow\downarrow \uparrow$	1	بارامغناطيسية
$Fe^{2+}$	$\downarrow\uparrow \uparrow \uparrow \uparrow \uparrow$	4	بارامغناطيسية

رتب الكاتيونات الآتية تصاعدياً حسب عزمها المغناطيسي $TiO_2$ ، $Cr_2O_3$ ، $FeCl_3$			
الكاتيون	التوزيع الإلكتروني لأوربيتالات d	عدد الإلكترونات المفردة	الترتيب
$Fe^{3+}$	$\uparrow \uparrow \uparrow$		
$Cr^{3+}$	$\uparrow \uparrow \uparrow$		
$Ti^{4+}$	$\uparrow \uparrow \uparrow \uparrow$		

**علل:** تعتبر مادة  $FeCl_3$  بارامغناطيسية، بينما  $ZnCl_2$  ديامغناطيسية؟؟



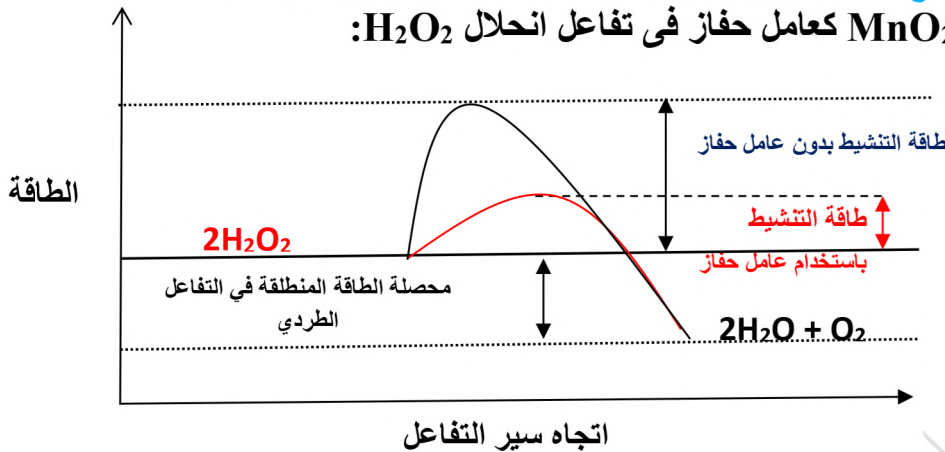
$FeCl_3$  مادة بارامغناطيسية، لأن المستوى الفرعي 3d في  $Fe^{3+}$  يحتوي علي 5 إلكترونات مفردة، بينما  $ZnCl_2$  مادة ديامغناطيسية، لأن المستوى الفرعي 3d في  $Zn^{2+}$  تام الامتلاء

- ❖ المادة البارامغناطيسية عندما توضع بين قطبي مغناطيس فإن وزنها الظاهري **يزداد**
- ❖ المادة الديامغناطيسية عندما توضع بين قطبي مغناطيس فإن وزنها الظاهري **يقل**

### خامساً: النشاط الحفزي: Catalytic activity

- علل: الفلزات الانتقالية عوامل حفز مثالية؟؟
- علل: عناصر السلسلة الانتقالية الأولى لها نشاط حفزي؟؟
- علل: عنصر المنجنيز يستخدم كعامل حفز مثالي. أو أي عنصر من السلسلة؟
- علل: عنصر الحديد يستخدم في طريقة هابر – بوش أو طريقة فيشر – تروپش؟

لاستخدام الإلكترونات المفردة في المستويين الفرعيين 3d , 4s في تكوين روابط مع الجزيئات المتفاعلة، مما يؤدي إلى إضعاف الروابط بين ذرات الجزيئات المتفاعلة ويزيد من تركيز المتفاعلات على سطح الحافز وهو ما يقلل من طاقة التنشيط ويزيد من سرعة التفاعل. يوضح الرسم البياني أثر  $MnO_2$  كعامل حفاز في تفاعل انحلال  $H_2O_2$ :

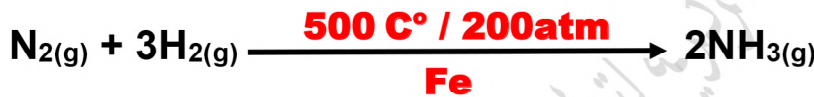


أهمية العامل الحفاز؟

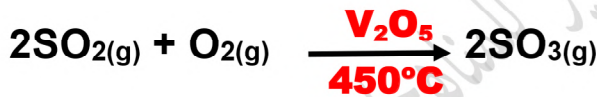
زيادة معدل التفاعل الكيميائي عن طريق تقليل طاقة تنشيط المتفاعلات.

وضح بالمعادلات استخدام العناصر الانتقالية كعوامل حفازة؟؟

✓ الحديد المجزأ في تحضير غاز النشادر بطريقة (هابر - بوش):



✓ خامس اكسيد الفاناديوم كعامل حفاز في تحضير حمض الكبريتيك بطريقة التلامس:



✓ ثاني أكسيد المنجنيز كعامل حفاز في تفاعل انحلال فوق أكسيد الهيدروجين  $H_2O_2$



✓ النيكل المجزأ: يستخدم في عمليات هدرجة الزيوت

معظم مركبات العناصر الانتقالية ومحاليلها المائية ملونة

سادساً: الأيونات الملونة

تفسير اللون في المواد: عند سقوط الضوء المرئي على المادة فإنها تمتص لون معين وتظهر

باللون المتمم (المنعكس) له وهو الذي تراه به العين.

❖ إذا امتصت المادة جميع ألوان الضوء المرئي (أبيض) تظهر للعين سوداء.

❖ إذا عكست المادة جميع الألوان الساقطة عليها ولم تمتص أيًا منها تظهر للعين باللون الأبيض.

❖ إذا لم تمتص ولم تعكس أي لون تكون شفافة غير ملونة

## العلاقة بين ألوان أيونات العناصر الانتقالية وتركيبها الإلكتروني

اللون في العناصر الانتقالية يرجع إلى الامتلاء الجزئي للمستوى الفرعي ( $d^{1-9}$ ) أي وجود إلكترونات مفردة في أوربيتالات المستوى الفرعي (d).

العناصر أو الأيونات التي تتميز باحتوائها على أوربيتالات d فارغة ( $d^0$ ) أو ممتلئة تماماً ( $d^{10}$ ) غير ملونة

عندما يتحد اللون مع اللون المتم له تظهر المادة باللون الأبيض

اللون المتم: هو اللون الذي لا تمتصه المادة وتعكسه على العين مسبباً لونها، وهو محصلة الألوان المنعكسة من المادة للعين مسببة لونها.

علل: مركبات الكروم (III) تظهر لونها باللون الأخضر؟؟  
لأنها تمتص اللون الأحمر عند سقوط الضوء الأبيض وتظهر باللون المتم له وهو اللون الأخضر

علل: أيونات  $Fe^{2+}$ ،  $Cu^{2+}$  ملونة، بينما أيونات  $Zn^{2+}$ ،  $Cu^+$  غير ملونة؟؟  
 $Fe^{2+} : [18Ar], 3d^6$        $Cu^{2+} : [18Ar], 3d^9$   
لأن المستوى الفرعي (3d) في كلا من  $Fe^{2+}$ ،  $Cu^{2+}$  يكون محتوياً على إلكترونات مفردة،  
 $Zn^{2+} : [18Ar], 3d^{10}$        $Cu^+ : [18Ar], 3d^{10}$   
بينما في كلا من  $Cu^+$ ،  $Zn^{2+}$  يكون تام الامتلاء.

علل: معظم الفلزات الانتقالية ومركباتها تتجاذب مع المجالات المغناطيسية الخارجية؟؟  
لأن حركة الإلكترونات المفردة حول محورها في المستوى الفرعي (d) تنتج مجالات مغناطيسية تتجاذب مع المجال المغناطيسي الخارجي.

علل: أيونات  $Zn^{2+}$ ،  $Sc^{3+}$  غير ملونة؟؟  
 $Sc^{3+} : [18Ar], 4s^0, 3d^0$        $Zn^{2+} : [18Ar], 3d^{10}$   
لأن المستوى الفرعي (3d) يكون فارغاً في حالة  $Sc^{3+}$  وتام الامتلاء في حالة  $Zn^{2+}$  وبالتالي لا تتواجد إلكترونات مفردة في الحالتين.

❖ جميع عناصر المجموعة الثامنة ملونة وبارامغناطيسية

الجدول التالي يوضح ألوان أيونات بعض العناصر الانتقالية في محاليلها المائية (للاطلاع فقط)

اللون	عدد إلكترونات (3d) في الأيون	اللون	عدد إلكترونات (3d) في الأيون
أصفر	$(3d^5) Fe^{3+}_{(aq)}$	عديم اللون	$(3d^0) Sc^{3+}_{(aq)}$
أخضر	$(3d^6) Fe^{2+}_{(aq)}$	بنفسجي محمر	$(3d^1) Ti^{3+}_{(aq)}$
أحمر	$(3d^7) Co^{2+}_{(aq)}$	أزرق	$(3d^2) V^{3+}_{(aq)}$
أخضر	$(3d^8) Ni^{2+}_{(aq)}$	أخضر	$(3d^3) Cr^{3+}_{(aq)}$
أزرق	$(3d^9) Cu^{2+}_{(aq)}$	بنفسجي	$(3d^4) Mn^{3+}_{(aq)}$
عديم اللون	$(3d^{10}) Zn^{2+}_{(aq)} Cu^+_{(aq)}$	أحمر (وردي)	$(3d^5) Mn^{2+}_{(aq)}$



## 4- استخلاص الحديد

- يحتل الحديد المرتبة الرابعة من حيث الانتشار في القشرة الأرضية (بعد الأكسجين والسيليكون والألمنيوم)
- يمثل %5.1 من وزن القشرة الأرضية وتزداد كميته كلما اقتربنا من باطن الأرض
- لا يتواجد بصورة حرة إلا في النيازك (%90)
- يوجد الحديد في القشرة الأرضية على هيئة خامات طبيعية تحتوي على معظم أكاسيد الحديد مختلطة بشوائب

تتوقف صلاحية الخام لاستخلاص الحديد منه على ثلاثة شروط:

(أ) نسبة الحديد في الخام.

(ج) نوعية العناصر الضارة المختلطة بالخام (S/P/As).

أهم خامات الحديد في مصر:

أماكن وجوده في مصر	نسبة الحديد في الخام	الخواص	الاسم الكيميائي	الصيغة الكيميائية	الخام
الواحات البحرية- الجزء الغربي لمدينة أسوان	50 – 60%	لونه أحمر داكن – سهل الاختزال	أكسيد الحديد III	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	الهيماتيت (الأكسيد الأحمر) 
الواحات البحرية	20 – 60%	أصفر اللون – سهل الاختزال	أكسيد الحديد III المتهدرت	2Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> .3H <sub>2</sub> O	الليمونيت (الأكسيد المتهدرت) 
الصحراء الشرقية	45 – 70%	أسود اللون – له خواص مغناطيسية	أكسيد الحديد المغناطيسي	Fe <sub>3</sub> O <sub>4</sub>	الماجنتيت (الأكسيد الأسود) 
	30 – 42%	لونه رمادي مصفر – سهل الاختزال	كربونات الحديد II	FeCO <sub>3</sub>	السيدريت 

## استخلاص الحديد من خاماته (التعدين):

هي عملية الحصول على الحديد من خاماته في صورة يمكن استخدامه بعدها عملياً. وتتم هذه العملية على ثلاث مراحل هي:

3- انتاج الحديد	2- اختزال الخام	1- تجهيز الخام
انتاج الصلب بواسطة أحد الأفران التالية: 1- المحول الأكسجيني 2- الفرن المفتوح 3- الفرن الكهربى	(أ) الفرن العالى باستخدام CO الناتج من فحم الكوك (ب) فرن مدركس باستخدام خليط من CO, H <sub>2</sub> الناتج من الغاز الطبيعى	(أ) تحسين الخواص الفيزيائية: 1- التكسير 2- التليد 3- التركيز (ب) تحسين الخواص الكيميائية: 4- التحميص

## الهدف من تجهيز الخام:

## أولاً : تجهيز الخام

- 1- تحسين الخواص الفيزيائية والميكانيكية للخام (عن طريق عمليات: التكسير – التليد – التركيز)
- 2 – تحسين الخواص الكيميائية للخام (عن طريق عملية التحميص)

## 1- تحسين الخواص الفيزيائية والميكانيكية

- 1- عملية التكسير: بهدف الحصول على الحجم المناسب (قطع أصغر) لعملية الاختزال
- 2- عملية التليد: هي تجميع حبيبات الخام الناعم في أحجام أكبر تكون متماثلة ومتجانسة  
س: ما هو مصدر الحبيبات الناعمة؟  
عملية التكسير والطحن وعملية تنظيف غازات الأفران العالية بعد الاختزال.
- 3- عملية التركيز: عملية تجرى بهدف زيادة نسبة الحديد فى الخام وذلك بفصل الشوائب والمواد الغير مرغوب فيها المختلطة بالخام أو المتحددة معه كيميائياً وتتم عن طريق:  
(أ) الفصل المغناطيسى أو الكهربى.  
(ب) خاصية التوتر السطحى.

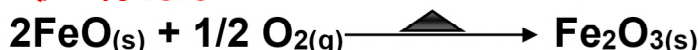
## 2- تحسين الخواص الكيميائية

التحميص تسخين الخام بشدة فى الهواء وذلك لسببين :

(1) - تجفيف الخام والتخلص من الرطوبة ورفع نسبة الحديد فى الخام



48.5% حديد



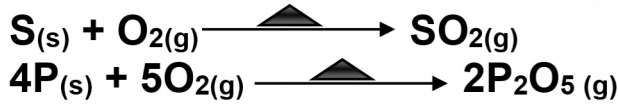
69.6% حديد



40% حديد

69.6% حديد

## (2) أكسدة بعض الشوائب مثل الكبريت والفوسفور



## ثانياً : إختزال خامات الحديد

عملية تحويل أكاسيد الحديد الى حديد باستخدام مادة مختزلة. ويتم ذلك بإحدى طريقتين حسب نوع العامل المختزل إما في الفرن العالي أو في فرن مدركس:

وجه المقارنة	(أ) الفرن العالي ((اللافج))	(ب) فرن مدركس
العامل المختزل	أول أكسيد الكربون CO	الغاز المائي (خليط من غازي CO + H <sub>2</sub> )
مصدر العامل المختزل	فحم الكوك	الغاز الطبيعي <b>لاحظ:</b> (نسبة غاز الميثان CH <sub>4</sub> في الغاز الطبيعي 93%)
معادلة الحصول على العامل المختزل	$\text{C}_{(s)} + \text{O}_{2(g)} \xrightarrow{\Delta} \text{CO}_{2(g)}$ $\text{CO}_{2(g)} + \text{C}_{(s)} \xrightarrow{\Delta} 2\text{CO}_{(g)}$	$2\text{CH}_4(g) + \text{CO}_2(g) + \text{H}_2\text{O}(v) \xrightarrow{\Delta} 3\text{CO}(g) + 5\text{H}_2(g)$
معادلة الإختزال الحصول على الحديد	$\text{F}_2\text{O}_3(s) + 3\text{CO}(g) \xrightarrow{\text{Above } 700} 2\text{Fe}(s) + 3\text{CO}_2(g)$	$2\text{F}_2\text{O}_3(s) + 3\text{CO}(g) + 3\text{H}_2(g) \xrightarrow{\text{Above } 700} 4\text{Fe}(s) + 3\text{CO}_2(g) + 3\text{H}_2\text{O}(v)$

أكمل الجدول موضحا العامل المؤكسد والعامل المختزل في الفرن العالي:

الخطوات	العامل المؤكسد	العامل المختزل
الأولى		
الثانية		
الثالثة		

بعد عملية إختزال الخام في الفرن العالي أو في فرن مدركس تأتي المرحلة الأخيرة وهي إنتاج الحديد مثل الحديد الصلب أو الحديد الزهر

## ثالثاً : إنتاج الحديد

تعتمد صناعة الصلب على عمليتين أساسيتين:

- 1) التخلص من الشوائب المتبقية في الحديد الناتج من أفران الإختزال
- 2) إضافة عناصر أخرى الى الحديد لإكساب الصلب الناتج الخواص المطلوبة للأغراض الصناعية

تتم صناعة الصلب باستخدام أحد الأفران الآتية هي:  
المحولات الاكسجينية - الفرن المفتوح - الفرن الكهربائي

## تدريب

أكمل الجدول التالي بوضع كلمة (تقل / تزداد / تظل ثابتة)

التحميص	التركيز (التوتر السطحي)	التليد	التكسير	
				كتلة الخام الكلية
				كتلة الشوائب في الخام
				نسبة الحديد في الخام
				نسبة الشوائب في الخام
				نوع العملية (فيزيائية أو كيميائية)

- عند تحميص السديريت تتغير كثافته ولونه.
- عند تحميص السديريت تتغير نسبة الحديد ويتغير عدد تأكسد الحديد وعدد الإلكترونات المفردة.
- عند تحميص الليمونيت تتغير نسبة الحديد وتتغير كتلة الخام بمقدار ماء التبخر ويتحول الخام من اللون الأصفر إلى اللون الأحمر. لا يتغير عدد تأكسد الحديد ويظل ثابت عند (+3).

## تدريب ذاتي

- 1- عدد مولات السديريت اللازمة لإنتاج 1 mol من الحديد في الفرن العالي = .....
- 2- عدد مولات الليمونيت اللازمة لإنتاج 0.5 mol من الحديد في فرن مدرّكس = .....
- 3- رتب الخطوات التالية للتعبير عن تسلسل العمليات اللازمة لإنتاج الحديد:  
(التوتر السطحي - التليد - إضافة بعض العناصر - التحميص - الاختزال)
- 4- ماذا يحدث عند تحويل الهيماتيت إلى حديد صلب؟  
(أ) اختزال فقط (ب) أكسدة ثم اختزال (ج) اختزال ثم أكسدة (د) أكسدة فقط
- 5- وضّح برسم بياني العلاقة بين الكتلة والزمن عند: تحميص عينة من الليمونيت
- 6- وضّح برسم بياني العلاقة بين الكتلة والزمن عند: تحميص عينة من السديريت
- 7- من السديريت كيف تحصل على هيماتيت (من كربونات الحديد || كيف تحصل على أكسيد الحديد ||)
- 8- من الليمونيت كيف تحصل على هيماتيت ( من أكسيد حديد متهدرت كيف تحصل على أكسيد حديد ||)
- 9- ما ناتج تحميص السديريت؟
- 10- ما ناتج تسخين السديريت بمعزل عن الهواء؟

## 5- السبائك

مواد تتكون من فلزين أو أكثر مثل الحديد والكروم ويمكن أن تتكون من فلز وعناصر لافلزية مثل الكربون

## تحضير السبائك

1) **طريقة الصهر:** صهر الفلزات مع بعضها بنسب معينة ثم تُوضع في قوالب ويترك المصهور ليبرد تدريجياً.

2) **طريقة الترسيب الكهربى:** طريقة للحصول على سبائك لفلزين أو أكثر فى نفس الوقت وذلك بترسيبه كهربياً من محلول يحتوى ايونات الفلزات المترسبة. **مثال:** تغطية المقابض الحديدية بالنحاس الأصفر (نحاس + خارصين)



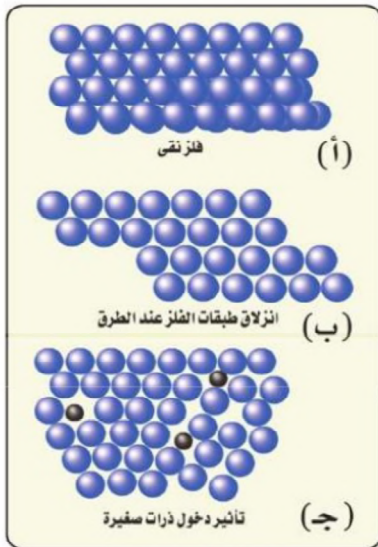
## أهمية السبائك

إكساب بعض الفلزات صفات وخواص يتميز بها عن الفلز النقي مثل مقاومة الصدأ والتآكل والصلابة والمتانة.

## أنواع السبائك

## 1- سسكة

سبائك تحتل فيها ذرات الفلز المضاف المسافات البينية فى الشبكة البلورية لفلز آخر. **تفسير تكوين السبيكة البينية:**



- 1- أى فلز نقي - كالحديد - يتكون من شبكة بلورية من ذرات الفلز مرصوفة رصاً محكماً بينها مسافات بينية
  - 2- عند الطرق يمكن ان تتحرك طبقة من ذرات الفلز فوق طبقة أخرى
  - 3- إذا أدخل فلز آخر حجم ذراته أقل من حجم ذرات الفلز النقي فى المسافات البينية للشبكة البلورية للفلز الأسمى فان ذلك يعوق انزلاق الطبقات وهو ما يزيد من صلابة الفلز
  - 4- تتغير بعض خواصه الفيزيائية مثل قابليته للسحب والطرق ودرجة الانصهار والتوصيل الكهربى والخواص المغناطيسية
- مثال:** سبيكة الحديد - كربون (**الحديد الصلب أو الصلب الكربونى**)

## 2- سسكة

سبائك تستبدل فيها بعض ذرات الفلز الأسمى بذرات فلز آخر له نفس القطر والشكل البلورى والخواص الكيميائية. ومن أمثلتها: سبيكة الحديد والكروم (**الصلب الذى لا يصدأ**) - سبيكة الحديد والنيكل - سبيكة الذهب النحاس

## 3- سبيكة المركبات

تتكون نتيجة اتحاد ذرات العناصر المكونة للسبيكة اتحاداً كيميائياً فتتكون مركبات كيميائية لا تخضع صيغتها الكيميائية لقوانين التكافؤ المعروفة.

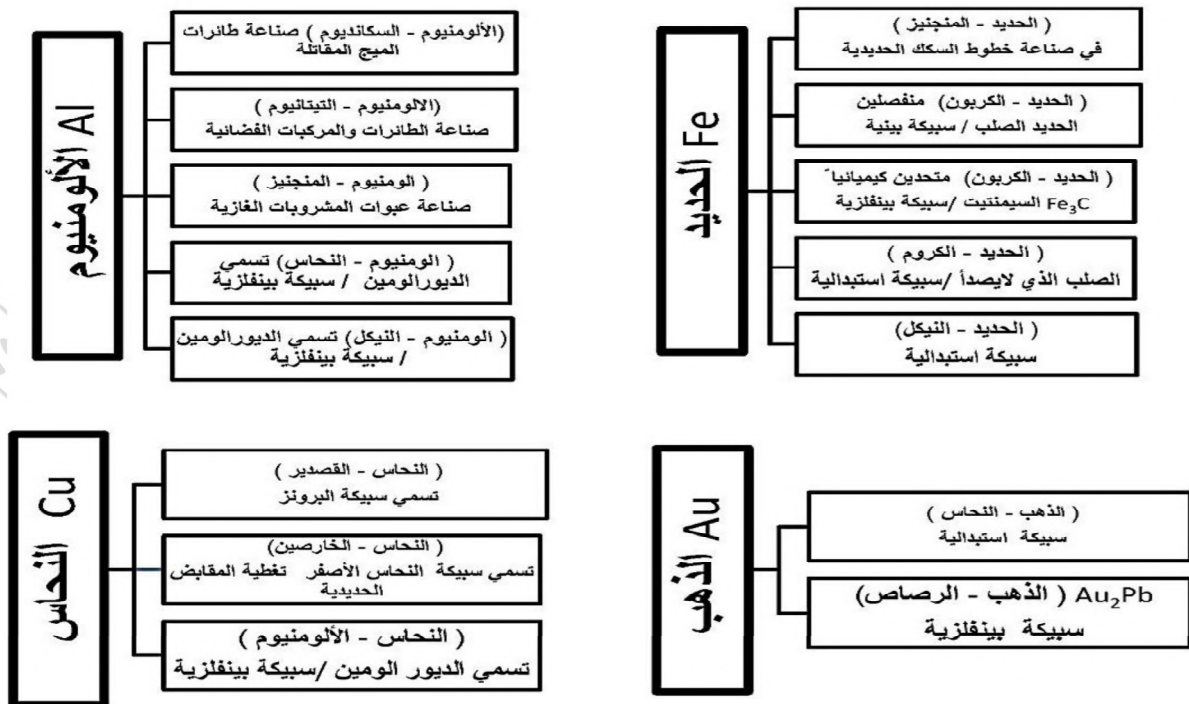
## خواص سبائك المركبات البيئفلزية:

- 1) مركبات صلبة
  - 2) تتكون من فلزات لاتقع في مجموعه واحده من الجدول الدوري
  - 3) لا تخضع صيغتها الكيميائية لقوانين التكافؤ
- امثلة: سبيكة **الديورالومين**: سبيكتي (الألومنيوم - النيكل) و (الألومنيوم - نحاس)
- سبيكة الرصاص والذهب ( $Au_2Pb$ ) - السيمنتيت  $Fe_3C$  ((كربيد الحديد))
- س- سبيكة الحديد والكروم من السبائك الاستبدالية. علل؟؟
- لان ذرات الحديد والكروم لها نفس نصف القطر والشكل البلوري والخواص الكيميائية
- س- سبيكة السيمنتيت من السبائك البيئفلزية؟؟
- لأنها تتكون نتيجة اتحاد كيميائي بين الحديد والكروم ولا تخضع عناصرها لقوانين التكافؤ كما ان العناصر المكونة لها لا تقع في مجموعة واحدة.

## تدرب

- 1- اذكر اسم ونوع السبيكة التي تتكون من عنصرين النسبة بين مكوناتها 3:1
- 2- اذكر اسم ونوع السبيكة التي تتكون من عنصرين النسبة بين حجومها 1:1
- 3- أى أزواج العناصر التالية لا يكونا معا سبيكة؟  
( أ ) Zn , Cu ( ب ) Fe , Hg ( ج ) Fe , C ( د ) Au , Cu
- 4- ما هو العنصر المشترك بين مقابض الأبواب الصفراء ودلو ماء مجلفن؟

## مخطط سبائك بعض العناصر الإنتقالية



## 6- خواص الحديد وتفاعلاته

## 1- الخواص الفيزيائية

- 1- الحديد النقي ليس له أهمية صناعية فهو لين نسبيا وليس شديد الصلابة - يسهل تشكيله - قابل للسحب والطرق - له خواص مغناطيسية
- 2- ينصهر عند  $1538^{\circ}\text{C}$  وكثافته  $7.87 \text{ g/Cm}^3$
- 3- تعتمد الخواص الفيزيائية على نقاوته وطبيعة الشوائب به لذا يفضل استخدام الحديد في صورة سبائك وليس في صورة نقية.

## 2- الخواص الكيميائية

تتعدد حالات تأكسد الحديد وأهمها:

- ❖  $(2+)$  وتدل على خروج إلكترونى المستوى الفرعى  $4s$
- ❖  $(3+)$  وتدل على خروج إلكترونى المستوى الفرعى  $4s$  وإلكترون واحد من  $3d$  وهى تمثل الحالة الأكثر ثباتا وذلك لامتلاء النصفى للمستوى الفرعى  $3d$
- (b) يختلف الحديد عن العناصر التى تسبقه فى السلسلة الانتقالية الأولى **علل؟**
- لا يعطى الحديد حالة تأكسد  $(8+)$  والتى تدل على خروج جميع إلكترونات  $4s, 3d$  بعكس باقى العناصر التى تسبقه فى السلسلة.

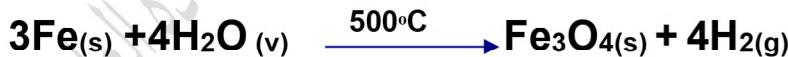
## أولاً: تأثير الهواء

يتفاعل الحديد الساخن لدرجة الاحمرار مع الهواء أو الأكسجين لينتج أكسيد حديد مغناطيسى



## ثانياً: تأثير بخار الماء

يتفاعل الحديد الساخن لدرجة الاحمرار ( $500^{\circ}\text{C}$ ) مع بخار الماء ويعطى أكسيد حديد مغناطيسى ويتصاعد الهيدروجين



## ثالثاً: التفاعل مع اللافلزات

يتفاعل الحديد مع الكلور مكونا كلوريد حديد (III) ومع الكبريت مكونا كبريتيد الحديد (II)



يتكون كلوريد الحديد III ولا يتكون كلوريد حديد II **علل؟**  
لان الكلور عامل مؤكسد قوى يحول الحديد الثنائى إلى حديد ثلاثى.

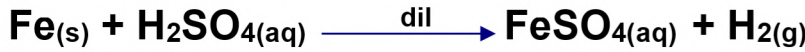
## رابعاً: مع الأحماض

يذوب الحديد في الأحماض المعدنية **المخففة** ليعطي أملاح الحديد (II) وهيدروجين ولا يعطي أملاح الحديد (III) **علل؟** لأن الهيدروجين الناتج يختزلها الى أملاح حديد II

1- مع حمض الهيدروكلوريك المخفف يعطي كلوريد حديد (II) وهيدروجين

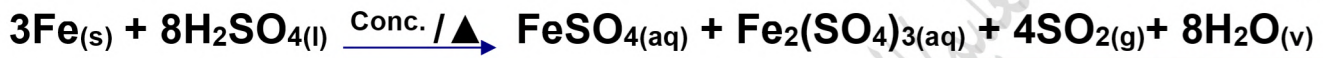


2- مع حمض الكبريتيك المخفف



3- مع حمض الكبريتيك المركز

لا يؤثر الحمض إلا بعد التسخين ويتكون كبريتات حديد (II) وكبريتات حديد (III) وثاني أكسيد كبريت وماء



4- مع حمض النيتريك المركز

لا يتفاعل الحديد وذلك بسبب ظاهرة الخمول الكيميائي للحديد **علل؟** نتيجة تكون طبقة رقيقة من الأكسيد على سطحه تمنع استمرار التفاعل. ويمكن إزالة هذه الطبقة بالحك أو إذابتها في حمض هيدروكلوريك مخفف.

ملاحظات:

في حالة وجود عامل مؤكسد مع أملاح الحديد II يتكون ملح الحديد III

## تدريب ذاتي

1- يتفاعل الحديد مع الكبريت ويكون مركب (X) وأحياناً يكون مركب (Y) في ظروف أخرى . ايا مما يأتي يعبر عن X, Y؟



2- أي التفاعلات التالية تتم في درجة حرارة الغرفة؟

(أ) الحديد مع بخار الماء. (ب) الحديد مع بخار الماء والاكسجين (عملية الصدأ).

(ج) الحديد مع الكلور. (د) الحديد مع حمض الكبريتيك المركز.

3- غمرت قطعة من الحديد في حمض (X) لمدة يومين ثم تم نقلها إلى إناء به حمض HCl مخفف لوحظ عدم حدوث تفاعل. ما الحمض (X) وماذا تتوقع ان يحدث بعد فترة.

4- لديك سبيكة من الحديد والنحاس كيف تحصل منها على الحديد؟

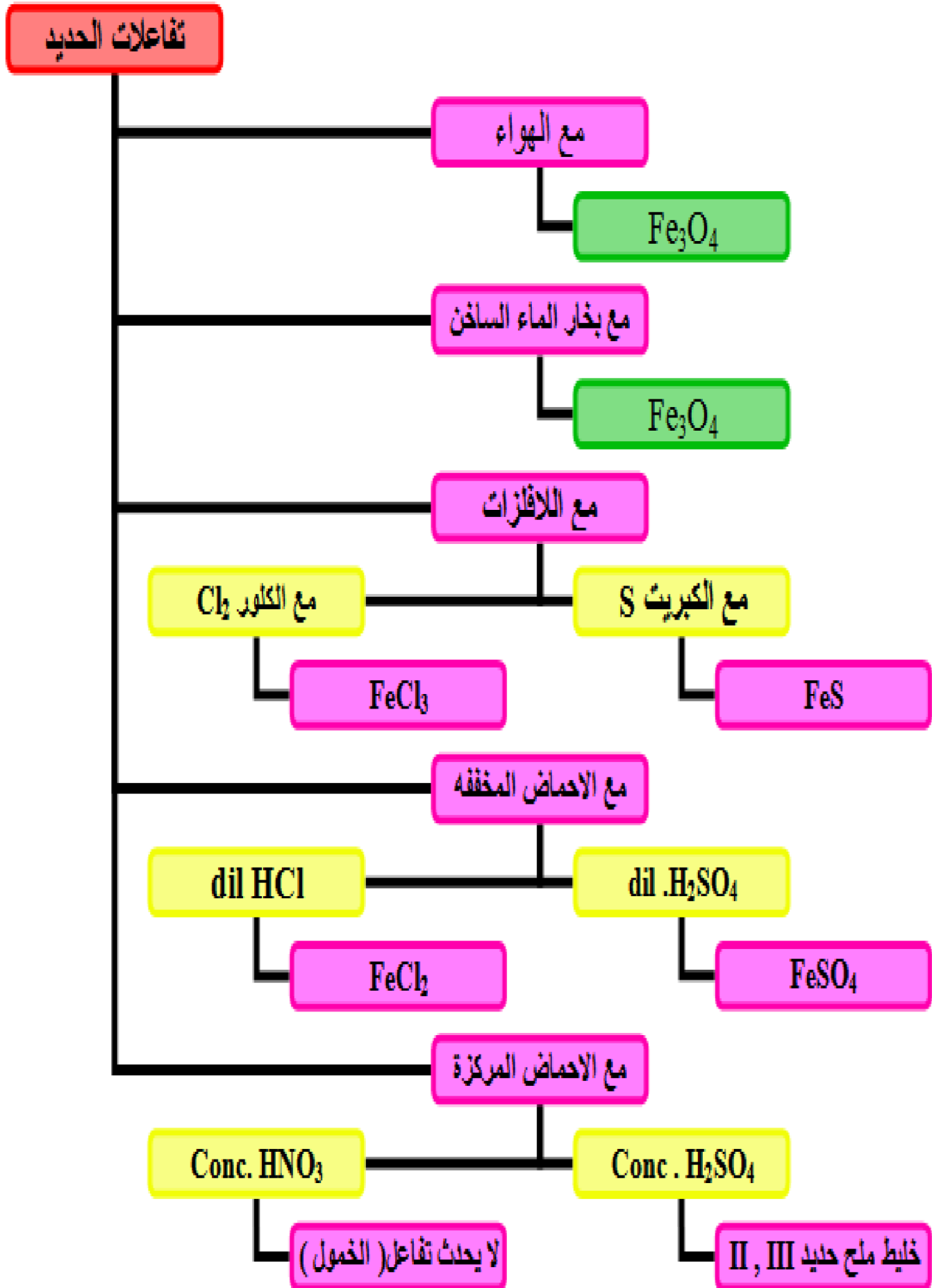
5- لديك سبيكة من الحديد والنحاس كيف تحصل منها على النحاس؟

6- لديك سبيكتان للحديد مع الخارصين والنحاس مع الخارصين كيف تميز بينهما بطريقتين؟

4- كيف تميز بين سبيكة الحديد الصلب والسيمنتيت؟

7- قارن بين سبيكة الحديد الصلب والسيمنتيت؟

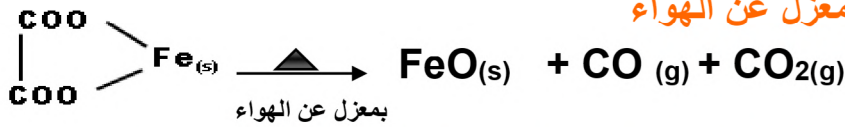




## 7- أكاسيد الحديد

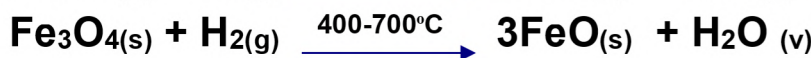
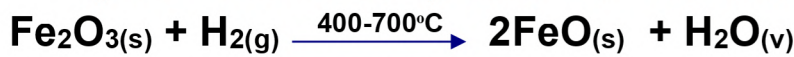
## 1- أكسيد الحديد II FeO

## تحضيره:



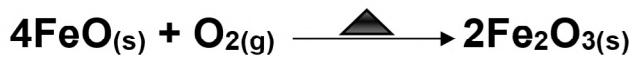
1- تسخين أوكسالات الحديد (II) بمعزل عن الهواء

2- اختزال الأكاسيد الأعلى (بالهيدروجين أو أول أكسيد الكربون في درجة 400 – 700°C):

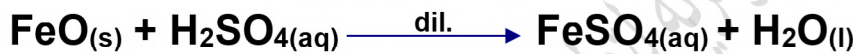


1- مسحوق أسود لا يذوب في الماء

2- يتأكسد بسهولة في الهواء الساخن



3- يتفاعل مع الأحماض المعدنية المخففة منتجا أملاح الحديد (II) وماء

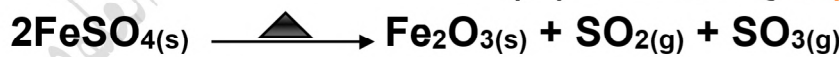
2- أكسيد الحديد III Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>

## تحضيره:

1- بإضافة محلول قلوي لأحد أملاح الحديد (III) فيترسب هيدروكسيد حديد (III) (بنى محمر) الذي يتحول بالتسخين (أعلى من 200°C) الى أكسيد الحديد (III)



2- عند تسخين كبريتات الحديد (II) ينتج أكسيد الحديد (III)

وجوده: يوجد في الطبيعة في خام الهيماتيتخواصه: 1- لا يذوب في الماء

2- يستخدم كلون أحمر في الدهانات

3- يتفاعل مع الأحماض المعدنية المركزة الساخنة معطيا أملاح الحديد (III) والماء



س: من الحديد كيف تحصل على أكسيد الحديد III بخمس طرق مختلفة؟

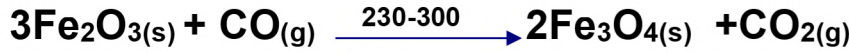
س: من هيدروكسيد حديد II كيف تحصل على هيدروكسيد حديد III والعكس؟

3- أكسيد الحديد المغناطيسي Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub>

## تحضيره:

1- من الحديد المسخن لدرجة الاحمرار بفعل الهواء أو بخار الماء

2- باختزال أكسيد الحديد (III)



وجوده: يوجد في الطبيعة ويعرف بالماجنيثيت وهو خليط من أكاسيد الحديد (II) و(III)

## خواصه:

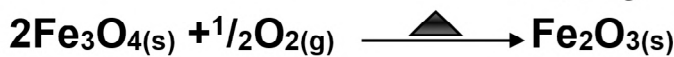
1- مغناطيس قوى

2- يتفاعل مع الاحماض المركزة الساخنة معطيا أملاح حديد (II) وأملاح حديد (III)

مما يدل على أنه أكسيد مركب



3- يتأكسد إلى أكسيد حديد (III) عند تسخينه في الهواء:



## علل

1- عند تسخين كبريتات الحديد II يتكون أكسيد حديد III وليس أكسيد حديد II؟

لأن SO<sub>3</sub> عامل مؤكسد (جزء منه يبقى كما هو SO<sub>3</sub>) وجزء منه يحدث له اختزال إلى SO<sub>2</sub> ويؤكسد أكسيد الحديد II إلى أكسيد حديد III من خلال تفاعل أكسدة اختزال ذاتي.

2- تسخين أو كسالات الحديد II بمعزل عن الهواء يعطي أكسيد حديد II وليس أكسيد حديد III؟

لوجود CO في وسط التفاعل وهو عامل مختزل يحول أكسيد الحديد III إلى أكسيد حديد II. كما ان التسخين يتم بمعزل عن الهواء فلا وجود للأكسجين الذي يقوم بدور العامل المؤكسد.

## ملحوظة هامة: الجدول التالي للمقارنة بين الحديد وأكاسيده

Fe <sub>3</sub> O <sub>4</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	FeO	Fe	
لا يتفاعل	لا يتفاعل	يتفاعل	يتفاعل	H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> مخفف
يتفاعل	يتفاعل	يتفاعل	يتفاعل	H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> مركز
يقبل الأكسدة ويحمر	لا يقبل الأكسدة	يقبل الأكسدة ويحمر	يقبل الأكسدة ويسود	الأكسدة

## تدريبات

- 1- كيف تميز بين حمض كبريتيك مخفف – حمض كبريتيك مركز – حمض نيتريك مركز
- 2- كيف تميز بين أكسيد حديد II وأكسيد حديد III
- 3- من خلال تفاعل انحلال حرارى كيف تحصل على ثلاث أكاسيد؟ (بطريقتين)
- 4- كيف يمكنك الحصول على  $SO_2$ ,  $SO_3$  فى معادلة واحدة ومرة أخرى كل منهما فى معادلة على حدى؟
- 5- المركب النهائي الناتج من تفاعل الحديد مع الكلور ثم اضافة محلول قلوئى للناتج والتسخين؟
- 6- وضح بمعادلة كيميائية موزونة تفاعل الماجنيتيت مع حمض HCl مركز؟
- 7- وضح برسم بيانى التغير الحادث فى كتلة هيدروكسيد الحديد III والزمن عند التسخين
- 8- وضح برسم بيانى العلاقة بين كتلة قطعة من الحديد اثناء تسخينها والزمن
- 9- وضح برسم بيانى العلاقة بين كتلة أوكسالات الحديد II والزمن عند تسخينها مرة بمعزل عن الهواء – ومرة أخرى اثناء تسخينها فى الهواء.
- 11- اوجد عدد مولات الحديد والأكسجين اللازمة لإنتاج 2 mol من كبريتات الحديد III
- 12- يمكن تحضير خليط من كلوريد الحديد III, II بالطرق العادية ماعدا:
  - (أ) إمرار بخار ماء على حديد مسخن لدرجة الاحمرار ثم إضافة حمض HCl مركز
  - (ب) إمرار غاز الكلور على الحديد المسخن لدرجة الاحمرار
  - (ج) تسخين  $FeSO_4$  ومعالجة المادة الصلبة بواسطة CO عند  $270^\circ C$  ثم إضافة HCl مركز
  - (د) تسخين خليط من هيدروكسيد حديد III, II مع حمض HCl مركز